

Analyse der labialen Knochendicke an Frontzahnimplantaten im Oberkiefer mit der digitalen Volumentomografie: Vergleich der Sofort- und verzögerten Implantation



Yasukazu Miyamoto, DDS* / Tadakazu Obama, DDS**

In dieser Studie wird untersucht, inwieweit die Dicke des labialen Alveolarknochens und der entsprechende vertikale Knochenabbau sich auf gingivale Rezessionen nach einer Implantation im Frontbereich des Oberkiefers auswirkt. Mithilfe der digitalen Volumentomografie (DVT) wurden die Veränderungen des Alveolarknochens beobachtet, um die Hart- und Weichgewebsergebnisse von zwei unterschiedlichen Implantationsinsertionstechniken zu ermitteln: verzögerte zweizeitige und Sofortimplantation. Zusätzlich erfolgte bei der verzögerten zweizeitigen Insertion eine gesteuerte Knochenregeneration, entweder mit nicht resorbierbaren oder resorbierbaren Membranen, in Kombination mit einer anorganischen bovinen Knochenmatrix. Aus dem Vergleich der Ergebnisse geht hervor, dass gingivale Rezessionen bei der verzögerten zweizeitigen Insertion, vor allem bei Verwendung einer nicht resorbierbaren Membran, signifikant geringer ausfielen als bei der Sofortinsertion. Außerdem war die labiale Knochendicke, die mit dem DVT gemessen wurde, ein effektiver Indikator für die gingivale Rezession im Frontbereich. (Int J Par Rest Zahnheilkd 2011;31:215–225.)

* Adjunct Professor, Asahi University School of Dentistry, Gifu, Japan; Privatpraxis, Kyoto, Japan.

** Adjunct Professor, Nihon University School of Dentistry, Tokio, Japan; Privatpraxis, Fukushima, Japan.

Korrespondenz an: Dr. Yasukazu Miyamoto, Shijo-Karasuma Perio Implant Center, 76 Tachiurinishicho, Shimogyo-ku, Kyoto, Japan 600-8007; Fax: +81 (75)253-6490; E-Mail: yasu-m@kd5.so-net.ne.jp

Bei einer Implantation in der ästhetischen Zone sollte das natürliche Aussehen der mukogingivalen Zone an der Implantatsuprastruktur erhalten bleiben. Dieses Ziel wurde mit den bisherigen Implantationstechniken mehr oder weniger erfolgreich erreicht. Die Sofortimplantation, von der Lazzara¹ zuerst berichtete, hat mehrere Vorteile, z. B. die kurze Einheilungszeit, die reduzierte Anzahl chirurgischer Eingriffe (meist nur einer) und ein meist hervorragendes ästhetisches Ergebnis. Die labiale gingivale Rezession, die nach dem Eingriff durch den labialen Knochenabbau im Alveolarkamm verursacht wird, gilt andererseits als Nachteil dieser Vorgehensweise²⁻⁴. Araújo und Lindhe⁵ berichteten, dass der durchschnittliche Abbau des Alveolarknochens im Hundemodell acht Wochen nach einer Zahnextraktion 2,2 mm betrug. Nevins et al.⁶ berichteten, dass humane Extraktionsalveolen ohne Ridge Preservation einen Verlust von mehr als 20 % des bukkalen Alveolarknochens zeigten. Araújo et al.⁷ stellten fest, dass die vertikale Resorption des labialen Alveolarknochens nach einer Sofortimplantation in die Extraktionsalveole etwa 2,6 mm betrug. Wegen dieser prognostizierbaren Knochenresorption empfehlen sie, nicht unbedingt eine Sofortimplantation in Extrakti-



onsalveolen durchzuführen. Botticelli et al.^{8,9} verglichen die Auswirkungen der Sofort- und der verzögerten Insertion auf den Abbau des Alveolarknochens am Tiermodell und in Humanstudien. Sie stellten fest, dass die vertikale und die horizontale Resorption des labialen Alveolarknochens nach einer Sofortimplantation stärker ausgeprägt war als nach einer verzögerten Implantatinserktion. In Grunders klinischem Bericht¹⁰ wurde festgestellt, dass im ersten Jahr nach der verzögerten zweizeitigen Implantation labial eine durchschnittliche gingivale Rezession von 0,6 mm auftritt. Auch aus anderen Berichten¹¹⁻¹⁵ geht hervor, dass nach der Restauration von Implantaten, die mit der verzögerten zweizeitigen Technik inseriert worden waren, labial eine gingivale Rezession auftrat. Grunder et al.¹⁶ untersuchten die verzögerte zweizeitige Methode und gaben an, dass der labiale Alveolarknochen mindestens 2 mm dick sein sollte, um einer gingivalen Rezession vorzubeugen. Nach Buser et al.^{17, 18} können mit der Frühimplantation und gesteuerter Knochenregeneration (GBR) stabile ästhetische faziale Weich- und Hartgewebekonturen erzielt werden. Allerdings wurde für die Sofortimplantation in der ästhetischen Zone keine solche Schätzung der Dicke des Alveolarknochens ermittelt.

Die Veränderungen im labialen Knochen nach einer Implantation¹⁹⁻²¹ verursachen eine gingivale Rezession bzw. Veränderungen der gingivalen Kontur, die zu ästhetischen Problemen führen können. Deshalb ist es äußerst wichtig, nach einer Implantation die Veränderungen der labialen Struktur des Alveolarknochens zu beobachten. Dies gelingt nur mit einem Gerät, das eine dreidimensionale Ansicht des Hartgewebes liefert und nicht invasiv ist. Die neuentwickelte digitale Volu-

mentomografie (DVT) für den Dentalbereich erfüllt diese Anforderungen und setzt die Patienten einer geringeren Strahlenbelastung aus. In der vorliegenden Untersuchung wurde analysiert, wie sich nach einer Implantation im Frontbereich des Oberkiefers die Dicke des Alveolarknochens und der vertikale Knochenabbau durch die Veränderungen im periimplantären Weichgewebe auswirken. Dazu wurden die verzögerte zweizeitige und die Sofortimplantation verglichen.

Material und Methode

Studienteilnehmer und Vorgehensweise

Insgesamt erhielten 18 Probanden (acht Männer, 10 Frauen) im Alter von 22 bis 72 Jahren im Frontbereich des Oberkiefers 31 Implantate. Alle Probanden unterzeichneten vor Beginn des klinischen Verfahrens die Einwilligung nach Information. Die demografischen Angaben zu den Patienten sind in Tabelle 1 aufgeführt. Es wurden säuregeätzte Titanimplantate (n = 27; Osseotite, Biomet 3i) und Implantate mit einer mit Phosphat angereicherten Titanoxid-Oberfläche (n = 4, Nobel-Replace, Nobel Biocare) verwendet. Jedes Implantat wurde in einem der drei folgenden chirurgischen Verfahren inseriert: (1) Gruppe 1 = verzögerte zweizeitige Implantation mit einer nicht resorbierbaren GBR-Membran und einer Mischung aus anorganischer boviner Knochenmatrix (ABBM; Bio-Oss, Geistlich) und einem gefriergetrockneten Knochenallotransplantat (FDBA; OraGRAFT, LifeNet Health). (2) Gruppe 2 = verzögerte zweizeitige Implantation mit einer resorbierbaren GBR-Membran mit den gleichen Transplantatmaterialien

Tabelle 1 Demografische Daten und klinische Ergebnisse der Patienten

	Im-plantat-Nr.	Alter, Geschlecht	Zahn Nr.*	Zeit s. Insertion d. Abutments (Mon.)	Breite des labialen Alveolarknochens (mm)		Vertikale Knochenre-sorption (mm)	Gingivale Rezession (mm)
					Zervikale Breite	Mittlerer Bereich		
Gruppe 1	1	49, M	11	17	2,53	2,14	0,00	0,00
	2	46, M	11	28	2,07	2,46	0,00	0,00
	3	46, M	12	28	2,74	2,13	0,00	0,00
	4	46, M	11	48	1,94	3,09	0,00	0,00
	5	36, W	12	48	2,30	3,73	0,00	0,00
	6	36, W	13	48	2,13	3,03	0,00	0,00
	7	40, W	11	10	3,26	3,33	0,00	0,00
	8	47, M	11	17	4,18	4,03	0,00	0,00
	9	56, W	12	25	1,46	2,29	0,00	0,00
	10	56, W	21	25	2,88	2,88	0,00	0,00
	11	56, W	22	25	1,63	2,19	0,00	0,00
	12	68, M	21	40	1,85	1,79	0,00	0,00
	13	69, W	11	21	2,30	3,45	0,00	0,00
	14	69, W	21	21	2,21	3,09	0,00	0,00
	15	69, W	13	21	0,80	1,35	1,12	1,00
	16	38, W	12	12	1,25	3,15	1,00	0,00
	Ø ± SA			27,12 ± 12,46	2,22 ± 0,81	2,76 ± 0,74	0,13 ± 0,36	0,06 ± 0,25
Gruppe 2	17	45, W	22	14	1,18	1,74	0,00	0,00
	18	45, W	21	14	2,29	3,02	0,00	0,00
	19	53, W	11	6	1,74	2,14	0,00	0,00
	20	53, W	21	6	1,79	2,35	0,00	0,00
	21	66, W	13	18	1,01	1,13	1,26	1,00
	22	66, W	11	18	0,00	2,75	1,86	1,00
	23	66, W	21	18	1,18	1,74	0,00	1,00
	24	66, W	23	18	0,00	1,75	2,50	1,00
		Ø ± SA			14,00 ± 5,24	1,15 ± 0,82	2,08 ± 0,62	0,70 ± 1,02
Gruppe 3	25	38, W	12	36	0,00	1,86	2,23	1,00
	26	24, M	21	53	0,00	1,18	4,25	1,00
	27	48, M	11	51	1,74	1,43	0,00	0,00
	28	36, M	21	50	0,00	0,00	13,13	2,00
	29	34, W	21	57	0,00	0,95	3,15	1,50
	30	34, W	12	57	0,88	1,60	0,00	0,00
	31	51, W	11	25	0,71	1,29	0,00	0,50
		Ø ± SA			47,00 ± 12,01	0,48 ± 0,67	1,19 ± 0,60	3,25 ± 4,68
Ø insgesamt ± SA				28,22 ± 15,80	1,55 ± 1,06	2,23 ± 0,92	0,98 ± 2,51	0,35 ± 0,57

M = männlich; W = weiblich; SA = Standardabweichung.
*Internationales Zahnschema.

Abb. 1 Patientin 1.

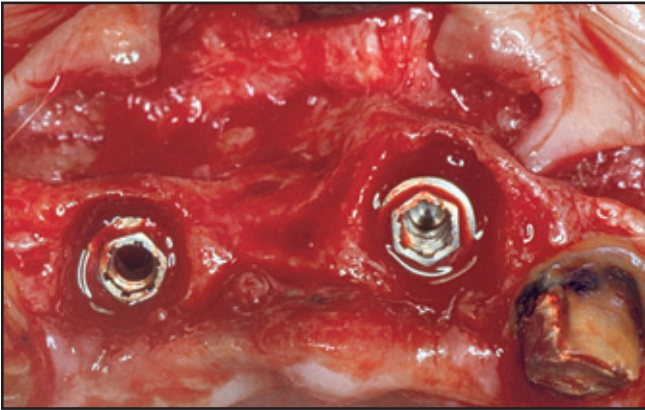


Abb. 1a 34-jährige Frau mit Sofortimplantationen in der Position des oberen linken zentralen und des rechten lateralen Schneidezahns. Die Spalte von 2,0 mm und 1,0 mm wurden mit einem autogenen Knochentransplantat gefüllt.



Abb. 1b 4 Jahre nach der definitiven Versorgung wurde das Abutment am linken zentralen Schneidezahn durch die gingivale Rezession freigelegt.

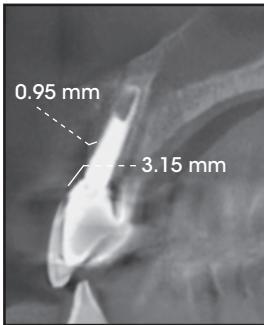


Abb. 1c DVT-Scan nach 4 Jahren: vertikale Resorption des labialen Knochens (3,15 mm).

wie Gruppe 1. (3) Gruppe 3 = Sofortimplantation in Kombination mit einem autogenen Knochentransplantat (Abb. 1 und 2). Die Abutments und Implantate wurden gleichzeitig inseriert und nicht okklusal belastet.

Zeitpunkt der definitiven Versorgung

Um nach der Sofortimplantation die Hart- und Weichgewebeheilung effizient zu fördern, wurden drei bis sechs Monate nach dem Eingriff die Abformungen für die definitiven Versorgungen angefertigt. Dazu wurde ein individuelles provisorisches Abformkäppchen verwendet. Bei den

Patienten mit einer zweizeitigen Implantation erfolgten die Abformungen für die definitiven Versorgungen zwei bis vier Monate nach der Wiedereröffnung. Die Zirkonoxid- oder Aluminiumoxidabutments wurden mit Keramikronen restauriert.

DVT

Die Dicke des labialen Alveolarknochens und die entsprechende vertikale Resorption wurden frühestens sechs Monate nach der Insertion der Abutments mit einem DVT-Sanner (3DX multi-image micro-CT; 3D Accuitomo, Morita) untersucht. Zwischen

der Insertion der Abutments und der DVT-Untersuchung vergingen sechs bis 57 Monate (durchschnittlich 28,2 Monate). Die Fokusebene der DVT-Scans wurde bukkolingual auf den Mittelpunkt des Implantats sowie mesiodistal ausgerichtet. Anschließend konnte auf dem DVT-Scan mit dem Tool zur Abstandsmessung die Dicke des labialen Knochens auf 1/100 mm genau gemessen werden. Senkrecht zur Implantatoberfläche wurde sie im Abstand von 1,5 mm (zervikale Breite) sowie 5,0 mm (Breite des mittleren Bereichs) von der Implantatplattform entfernt gemessen. Die vertikale Knochenresorption wurde von der Implantatplattform zum Alveolarkamm gemessen.

Abb. 2 Patient 2.

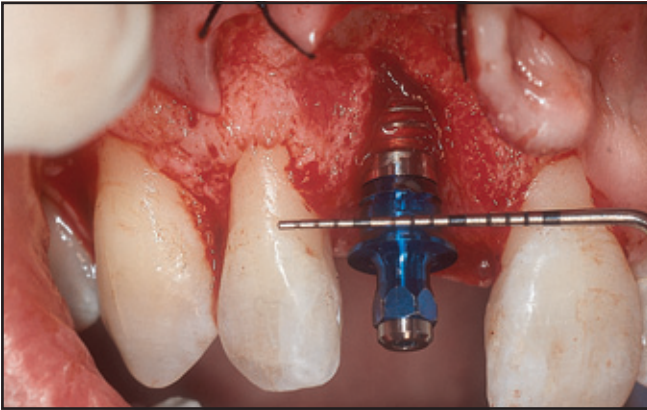


Abb. 2a Einem 45-jährigen Mann wurde wegen einer Wurzelfraktur der obere rechte zentrale Schneidezahn extrahiert. Die Implantatinserterung erfolgte 6 Wochen nach der Extraktion, damit das Weichgewebe heilen konnte.

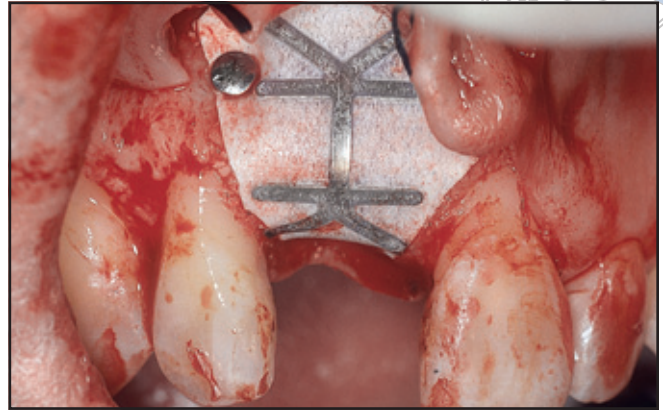


Abb. 2b GBR mit einer 7:3-Mischung aus ABBM und FDBA in Kombination mit einer nicht resorbierbaren titanverstärkten Membran.

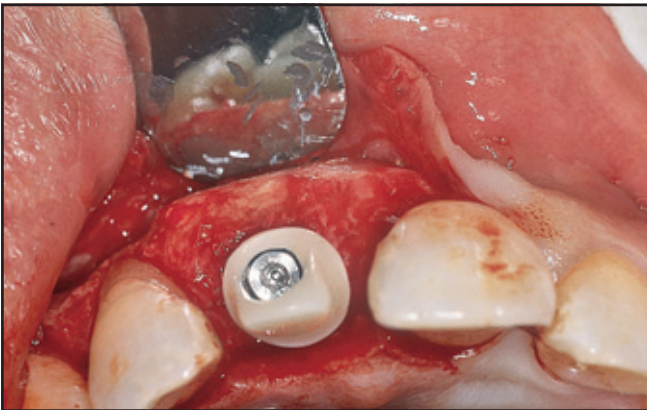


Abb. 2c Die horizontale Augmentation des labialen Alveolarknochens ist ausreichend.



Abb. 2d Direkt nach der Behandlung war das ästhetische Ergebnis ausgezeichnet.

Abb. 2e (rechts) Röntgenaufnahme, die 2,5 Jahre nach dem zweizeitigen Verfahren gemacht wurde.

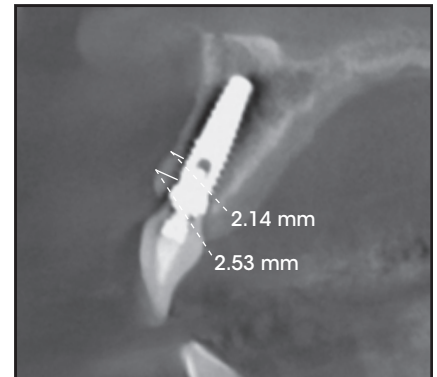


Abb. 2f DVT-Scan 2,5 Jahre nach dem zweizeitigen Verfahren: Die Dicke des labialen Alveolarknochens war ausreichend. Die Höhe war auf dem Niveau der Implantatplattform erhalten geblieben.

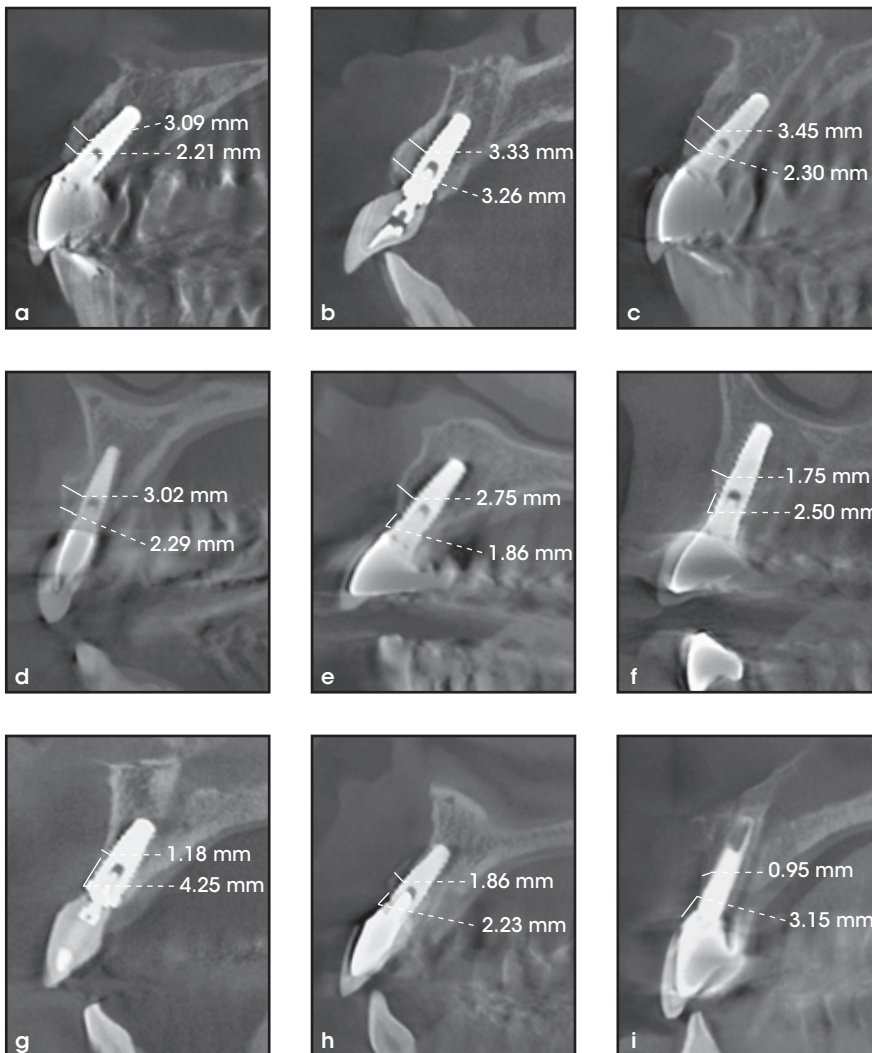


Abb. 3 (a bis c) Gruppe 1: postoperative DVT-Scans. Mit dieser Methode wird zuverlässig ein dicker labialer Knochen geschaffen, weil eine titanverstärkte Membran genügend Platz für die Knochenbildung bietet. (d bis f) Gruppe 2: DVT-Scans. Überwiegend erreichte Ergebnisse mit einer resorbierbaren Membran. Mit dieser Methode kann nicht so zuverlässig genügend Platz für dicken labialen Knochen geschaffen werden, weil die weichere Kollagenmembran durch den Druck des Weichgewebes leicht kollabieren kann. Die labiale Knochendicke ist deshalb durchweg geringer als in Gruppe 1. Daher ist das Risiko für eine vertikale Knochenresorption höher. (g bis i) Gruppe 3: postoperative DVT-Scans. Der labiale Knochen ist deutlich dünner als in Gruppe 1 und die vertikale Knochenresorption fällt signifikant stärker aus.

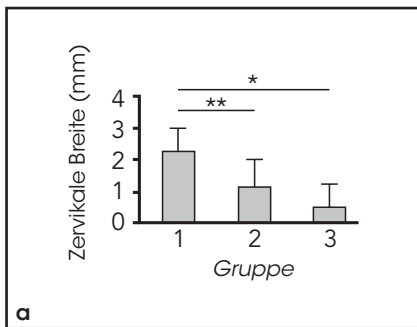
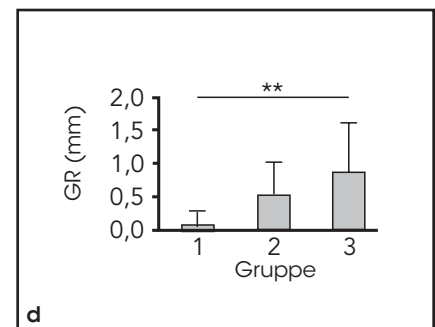
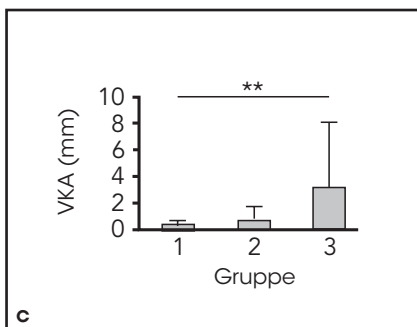
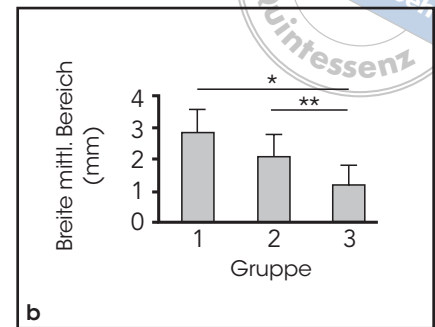


Abb. 4 Vergleich des Niveaus der (a) zervikalen Breite und (b) der Breite des mittleren Bereichs des labialen Alveolarknochens (c) des vertikalen Knochenabbaus (VKA) und (d) der gingivalen Rezession (GR) in den einzelnen Gruppen. * $P < 0,01$, ** $P < 0,05$; multiple Vergleiche nach Tukey-Kramer.



Labiale gingivale Rezession

Die labiale gingivale Rezession wurde mit einer Digitalkamera in Rundungsintervallen zu 0,5 mm gemessen. Der Abstand wurde dabei in der Computerdarstellung im Vergleich zur tatsächlichen Kronenlänge gemessen. Diese Daten wurden für die Sofort- und die verzögerte Implantation analysiert. Auch die unterschiedlichen Membrantypen – nicht resorbierbar und resorbierbar – wurden untersucht (Abb. 3).

Ergebnisse

Die Messungen der zervikalen Breite, der Breite des mittleren Bereichs, des vertikalen Knochenabbaus und der gingivalen Rezession für die einzel-

nen Probanden sowie die Durchschnittswerte dieser Messungen in jeder Gruppe sind in Tabelle 1 und Abb. 4 dargestellt. In der Gruppe 1 war der Erhalt der mukogingivalen Bedingungen besonders zufriedenstellend und ästhetisch, bewertet anhand der minimalen gingivalen Rezession, des ausreichend vorhandenen Alveolarknochens und des geringen vertikalen Knochenabbaus (Tabelle 1). In der Gruppe 2 hingegen zeigten 50 % der Bereiche eine messbare gingivale Rezession, einen entsprechenden vertikalen Knochenabbau sowie einen Abbau des labialen Alveolarknochens (Tabelle 1). In der Gruppe 3 zeigten 71 % der Patienten eine auffällige gingivale Rezession (Tabelle 1). Die Dicke des labialen Alveolarknochens im zervikalen Bereich des Im-

plantats (zervikale Breite) war in der Gruppe 1 signifikant größer als in den Gruppen 2 und 3 ($P < 0,05$, multiple Vergleiche nach Tukey-Kramer). Der Unterschied zwischen den Gruppen 2 und 3 hingegen war nicht statistisch signifikant (Gruppe 1: $2,22 \pm 0,81$ mm; Gruppe 2: $1,15 \pm 0,82$ mm; Gruppe 3: $0,48 \pm 0,67$ mm) (Abb. 4a). Die Dicke des labialen Alveolarknochens am Mittelpunkt des Implantats (Breite des mittleren Bereichs) war in der Gruppe 3 signifikant geringer als in den Gruppen 1 und 2 ($P < 0,05$; Gruppe 1: $2,76 \pm 0,74$ mm; Gruppe 2: $2,08 \pm 0,62$ mm; Gruppe 3: $1,19 \pm 0,60$ mm) (Abb. 4b). Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass die Resorption des labialen Alveolarknochens postoperativ offenbar progressiv zunimmt: Gruppe 1 \leq Gruppe 2 \leq Gruppe 3. Das Niveau

Tabelle 2 Korrelation zwischen der Breite des Alveolarknochens und VKA bzw. GR		
	Korrelationskoeffizient	P
Zervikale Breite vs. VKA	-0,548	< 0,01
Breite mittl. Bereich vs. VKA	-0,582	< 0,001
Zervikale Breite vs. GR	-0,760	< 0,001
Breite mittl. Bereich vs. GR	-0,686	< 0,001
VKA vs. GR	0,784	< 0,001

VKA = vertikaler Knochenabbau; GR = Gingivale Rezession.

Tabelle 3 Sensitivität und Spezifität der drei verschiedenen Messungen für die Ermittlung der gingivalen Rezession			
Test	Cut-Off-Punkt	Sensitivität	Spezifität
Zervikale Breite	< 1,2 mm	$[10 / (10 + 0)] \times 100 = 100,0 \%$	$[19 / (19 + 2)] \times 100 = 90,5 \%$
Breite mittl. Bereich	< 2,0 mm	$[9 / (9 + 1)] \times 100 = 90,0 \%$	$[17 / (17 + 4)] \times 100 = 81,0 \%$
VKA	$\geq 1,0$ mm	$[8 / (8 + 2)] \times 100 = 80,0 \%$	$[20 / (20 + 1)] \times 100 = 95,2 \%$

VKA = vertikaler Knochenabbau.

des vertikalen Knochenabbaus war in der Gruppe 3 signifikant höher als in der Gruppe 1 (Abb. 4c). Beim vertikalen Knochenabbau gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe 2 und den Gruppen 1 und 3 (Gruppe 1: $0,13 \pm 0,36$ mm; Gruppe 2: $0,70 \pm 1,02$ mm; Gruppe 3: $3,25 \pm 4,68$ mm). Interessanterweise verlief die gingivale Rezession überall nach einem ähnlichen Muster (Gruppe 1: $0,06 \pm 0,25$ mm; Gruppe 2: $0,50 \pm 0,53$ mm; Gruppe 3: $0,85 \pm 0,75$ mm) (Abb. 4d).

Es gab eine negative, aber signifikante Korrelation zwischen dem vertikalen Knochenabbau und der zervikalen Breite sowie der Breite des

mittleren Bereichs (Tabelle 2). Sowohl die zervikale Breite als auch die Breite des mittleren Bereichs zeigten eine signifikante negative Korrelation zur gingivalen Rezession (Tabelle 2). Dementsprechend zeigten der vertikale Knochenabbau und die gingivale Rezession eine signifikante positive Korrelation (Tabelle 2). Aus diesen Daten geht hervor, dass die gingivale Rezession, die nach einer Implantation im Oberkieferfrontbereich auftritt, in einem negativen Zusammenhang zur Dicke des Alveolarknochens sowie zur Höhe des Abbaus des labialen Alveolarknochens stehen könnte.

Um die Effizienz der DVT-Scans für die Ermittlung der gingivalen Rezessionen zu ermitteln, wurden sowohl die Sensitivität als auch die Spezifität der drei verschiedenen Messungen (zervikale Breite, Cut-Off-Wert: 1,2 mm; Breite des mittleren Bereichs, Cut-Off-Wert: 2,0 mm und vertikaler Knochenabbau, Cut-Off-Wert: 1,0 mm) berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 aufgeführt. Sowohl die Sensitivität (100 %) als auch die Spezifität (90,5 %) für die zervikale Breite waren höher als für die Breite des mittleren Bereichs (90 % bzw. 81,0 %). Die Spezifität des vertikalen Knochenabbaus (95,2 %) war höher als die zervikale Breite (90,5 %). Die Sensitivität war geringer (80,0 % bzw. 100,0 %). Insgesamt war die Messung der zervikalen Breite mit dem DVT am besten für die Ermittlung der gingivalen Rezessionen geeignet. Nach der Implantation im Frontbereich fiel somit die gingivale Rezession geringer aus, wenn die labiale Knochendicke im zervikalen Bereich des Implantats mehr als 1,2 mm betrug.

Diskussion

Bei Patienten, die im Frontbereich des Oberkiefers Implantate erhielten, wurden die Dicke des labialen Alveolarknochens und das entsprechende Niveau der vertikalen Resorption gemessen. Die Implantate waren entweder sofort oder verzögert gleichzeitig inseriert worden. Die Messungen erfolgten mit dem DVT, um das Verhältnis zwischen jeder Messung und der gingivalen Rezession zu analysieren. Die gingivale Rezession war nur minimal, wenn die Dicke des labialen Alveolarknochens im zervikalen Bereich des Implantats postoperativ etwa 1,2 mm oder mehr betrug. Der angenommene Schwellenwert von 1,2 mm, der frühestens sechs Monate nach der Implantati-

on anhand des DVT gemessen wird, wird zu den etwa 0,7 mm addiert, die die durchschnittliche Knochenresorption nach der Entfernung des Periosts während des Eingriffs ausmacht²². Die Dicke des Alveolarknochens sollte somit 2,0 mm betragen (0,7 mm + 1,2 mm = 1,9 mm).

Da die Blutversorgung durch das parodontale Ligament gewährleistet ist, bleibt der labiale Alveolarknochen natürlicher Zähne einige Jahre stabil, auch wenn er weniger als 1 mm breit ist^{23, 24}. Auch bei Implantaten, denen das parodontale Ligament fehlt, liefert der Alveolarknochen, der sich um das Implantat gebildet hat, genug Blut, solange er aus Spongiosa besteht, die eine relativ große Zahl von Blutgefäßen enthält. Es wird geschätzt, dass der labiale Alveolarknochen mehr als 1,2 mm breit sein muss, um unter der Kortikalis die Bildung von Spongiosa zu induzieren, die ihrerseits die langfristige Gewebestabilität gewährleistet.

Grunder et al.¹⁶ sind der Meinung, dass in der Mehrheit der ästhetischen Implantatfälle eine GBR erforderlich ist, um der gingivalen Rezession durch die Resorption des Alveolarknochens vorzubeugen. Diese Resorption und die Rezession der marginalen Gingiva können auftreten, wenn der labiale Alveolarknochen nicht mindestens etwa 2,0 mm breit ist. Bei der Implantatinsertion sollte die Knochendicke etwa 2,0 mm betragen, da beim Entfernen des Periosts eine Knochenresorption von etwa 0,7 mm eintritt. Das Entscheidungskriterium für eine GBR bei der Implantatinsertion ist die Knochendicke von ≥ 2 mm. Allerdings sollte in vielen Fällen eine GBR stattfinden, um das labiale Knocheniveau und die Position der marginalen Gingiva zu erhalten.

In der vorliegenden Studie erfolgte die Sofortimplantation (Gruppe 3) in Bereichen mit intaktem labialem

Knochen. Allerdings zeigten die postoperativen DVT-Scans für diese sieben Bereiche eine durchschnittliche vertikale Knochenresorption von 3,25 mm. Der Umfang der vertikalen Knochenresorption könnte ausreichend sein, um sich auf die Weichgewebeästhetik auszuwirken. Offenbar sind bei der Sofortimplantation Modifizierungen notwendig, damit gesundes Hartgewebe erhalten bleiben kann, sodass die labiale Knochendicke nach Abschluss der restaurativen Therapie 2 mm beträgt.

Insgesamt wurden in den beiden Gruppen mit der zweizeitigen verzögerten Implantation mit GBR und den gleichen Transplantatmaterialien (Gruppe 1 und 2) 24 Implantate inseriert. In Gruppe 2 wurde im Vergleich zu Gruppe 1 ein Trend zu einer verstärkten labialen Resorption des Alveolarknochens beobachtet (Abb. 4). Damit bleibt durch den Einsatz einer Kombination aus einer nicht resorbierbaren Membran und ABBM + FDBA die langfristige Stabilität des periimplantären Gewebes ausreichend erhalten. In vielen Studien wurde als Knochentransplantat nur ABBM verwendet^{6, 25}. Dieses Material trägt eindeutig zur langfristigen Hartgewebestabilität um das Implantat bei²⁶. Allerdings wurden bei früheren klinischen Beobachtungen mit ABBM als alleinigem Transplantatmaterial bei der Entfernung der Membranen nach sechs Monaten noch restliche ABBM-Partikel beobachtet. Dies lässt auf einen unvollständigen Ersatz durch Knochen schließen. Um die Knochenregeneration zu fördern, wurde in dieser Studie eine Mischung aus ABBM und FDBA verwendet, das rasch resorbiert und durch Knochen ersetzt wird, womit ausgezeichnete Ergebnisse erzielt wurden. Der Alveolarknochen war beim Recall nach sechs Monaten, bei dem die Membran entfernt wurde, hart genug.

Schlussfolgerungen

In der vorliegenden Studie wurde gezeigt, dass die gingivale Rezession bei einer verzögerten zweizeitigen im Vergleich zur Sofortimplantation signifikant geringer ausfiel und dass die vertikale Knochenresorption und die damit verbundene gingivale Rezession abgemildert werden können, wenn im Frontbereich noch eine labiale Knochendicke von ≥ 2 mm erhalten bleiben kann. Dies gilt für beide Implantationsmethoden. Noch wichtiger ist, dass solche genauen Messungen der Breite des Alveolarknochens wie in dieser Studie nur mit dem DVT-Scan erfolgen können. Da diese Daten von einer relativ kleinen Zahl von Probanden stammen, sind in Zukunft noch klinische Studien mit mehr Teilnehmern erforderlich.

Danksagung

Die Autoren danken Dr. Yoshihiro Ono und Dr. Toshihisa Kawai für ihre hilfreichen Kommentare und ihre Anregungen zu dieser Studie.

Literatur

1. Lazzara RJ. Immediate implant placement into extraction sites: Surgical and restorative advantages. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1989;9:332-343.
2. Kan JY, Rungcharassaeng K, Sclar A, Lozada JL. Effects of the facial osseous defect morphology on gingival dynamics after immediate tooth replacement and guided bone regeneration: 1-year results. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65(suppl 1):13-19 [erratum 2008;66:2195-2196].
3. Evans CD, Chen ST. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:73-80.

4. De Rouck T, Colls K, Cosyn J. Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: A 1-year case cohort study on hard and soft tissue response. *J Clin Periodontol* 2008;35:649-657.
5. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218.
6. Nevins M, Camelo M, De Paoli S, et al. A study of fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:19-29.
7. Araújo MG, Sukekava F, Wennström JL, Lindhe J. Ridge alteration following implant placement in fresh extraction sockets: An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:645-652.
8. Botticelli D, Persson LG, Lindhe J, Berglundh T. Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: An experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:351-358.
9. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004;31:820-828.
10. Grunder U. Stability of mucosal topography around single-tooth implants and adjacent teeth: 1-year results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:11-17.
11. Small PN, Tarnow DP. Gingival recession around implants: A 1-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000;15:527-532.
12. Small PN, Tarnow DP, Cho SC. Gingival recession around wide-diameter versus standard diameter implants: A 3- to 5-year longitudinal prospective study. *Pract Proced Aesthet Dent* 2001;13:143-146.
13. Bengazi F, Wennström JL, Lekholm U. Recession of the soft tissue margin at oral implants. A 2-year longitudinal prospective study. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:303-310.

14. Cardaropoli G, Lekholm U, Wennström JL. Tissue alterations at implant-supported single-tooth replacements: A 1-year prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:165-171.
15. Oates TW, West J, Jones J, Kaiser D, Cochran DL. Long-term changes in soft tissue height on the facial surface of dental implants. *Implant Dent* 2002;11:272-279.
16. Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D bone-to-implant relationship on esthetics. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:113-119.
17. Buser D, Bornstein MM, Weber HP, Grutter L, Schmid B, Belser UC. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: A cross-sectional retrospective study in 45 subjects with a 2- to 4-year follow-up. *J Periodontol* 2008;79:1773-1781.
18. Buser D, Hart C, Bornstein MM, Grutter L, Chappuis V, Belser UC. Early implant placement with simultaneous GBR following single-tooth extraction in the esthetic zone: 12-month results of a prospective study with 20 consecutive patients. *J Periodontol* 2009;80:152-162.
19. Covani U, Cornelini R, Barone A. Buccolingual bone remodeling around implants placed into immediate extraction sockets: A case series. *J Periodontol* 2003;74:268-273.
20. Covani U, Bortolaia C, Barone A, Sbordone L. Buccolingual crestal bone changes after immediate and delayed implant placement. *J Periodontol* 2004;75:1605-1612.
21. Covani U, Cornelini R, Barone A. Vertical crestal bone changes around implants placed into fresh extraction sockets. *J Periodontol* 2007;78:810-815.
22. Wood DL, Hoag PM, Donnenfeld OW, Rosenfeld LD. Alveolar crest reduction following full and partial thickness flaps. *J Periodontol* 1972;43:141-144.
23. Kamijo M. *Oral Anatomy*, vol 1. Tokyo: Anatome, 1980:182.
24. Nobuto T, Yanagihara K, Teranishi Y, Minamibayashi S, Imai H, Yamaoka A. Perio-osteal microvasculature in the dog alveolar process. *J Periodontol* 1989;60:709-715.
25. Dahlin C, Simion M, Hatano N. Long-term follow up on soft and hard tissue following guided bone regeneration treatment in combination with a xenogeneic filling material: A 5-year prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2010;12:263-270.
26. Maiorana C, Bertta M, Salina S, Santoro F. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of Bio-Oss coverage. A retrospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:19-25.